

SISTEMA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE FENOLOGÍA EN VARIEDADES DETERMINADAS E INDETERMINADAS DE CARAOTA¹

SYSTEM FOR THE IDENTIFICATION OF PHENOLOGY IN DETERMINATE AND INDETERMINATE BEAN VARIETIES¹

Rosemary Warnock* y José García**

¹ Trabajo parcialmente financiado por Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela (CDCH, Proyecto PG-01-03-329796) FUNDACITE Aragua y Vicerrectorado Académico de la Universidad Central de Venezuela.

* Profesora-Investigadora e **Ing. Agrónomo. Universidad Central de Venezuela (UCV). Facultad de Agronomía. Instituto de Agronomía. Av. Universidad vía El Limón. Apdo. 4579. Maracay. 2101. Aragua. Venezuela. E-mail: warnockr@agr.ucv.ve

RESUMEN

La inexistencia de un sistema de identificación de eventos fenológicos versátil, común y de fácil aplicación en el campo, para variedades determinadas e indeterminadas de caraota, *Phaseolus vulgaris* L., ha limitado la comunicación entre investigadores y productores agrícolas. En el presente trabajo, se evaluó, en forma comparativa, el desarrollo de cuatro variedades de caraota, Montalbán, Tacarigua, Tenerife y UCV-Manuare, mediante varios sistemas de identificación de fases fenológicas. Los materiales genéticos fueron sembrados en dos localidades, Samán Mocho, estado Carabobo y Maracay, estado Aragua, utilizando un diseño de bloques al azar con tres repeticiones. Con fines de generación de información utilizable para la aplicación de modelos agroambientales, se valoraron los sistemas de identificación de fenofases existentes en la literatura para caraota. Los resultados mostraron que la variedad UCV-Manuare fue la más sensible al fotoperíodo, la más precoz, exhibió los primeros racimos florales y vainas en los nudos más bajos del tallo, presentó las etapas más cortas de desarrollo y crecimiento de vainas y semillas (R7+R8) y el menor rendimiento. Se propone un sistema de identificación de fenofases para variedades determinadas e indeterminadas de caraota de fácil aplicación en el campo y adecuado a las exigencias del modelo CROPGRO del programa DSSAT. Éste, reúne tres mejoras fundamentales para calificar la ocurrencia de etapas de desarrollo: es práctico para utilizarlo en el campo; de fácil aplicación tanto a variedades determinadas como indeterminadas; y diferencia ocho eventos reproductivos importantes requeridos como datos de entrada por los modelos de simulación.

Palabras clave: *Phaseolus vulgaris* L.; caraota; fenología; modelos de simulación agroambiental.

SUMMARY

Communication between bean, *Phaseolus vulgaris* L., researchers and producers has been restricted by the absence of an adequate and effective system of identification of phenological events for the crop. A comparative evaluation, using various systems of identification, of the development of four cultivars (Montalbán, Tacarigua, Tenerife and UCV-Manuare) was performed. Seeds were planted at two sites (Saman Mocho, Carabobo State and Maracay, Aragua State) using an experimental design of randomized blocks with three repetitions. In order to generate input data for the application of simulation models cultivars and available identification systems were evaluated. Results indicated that UCV-Manuare was the most sensitive to photoperiod, precocious, exhibited the first floral racemes and pods in the lowest nodes, had the shortest stages of development and growth of pods and seeds (R7+R8) and lowest yield. A system of identification of phenological phases of easy application in the field which complies to the requirements of the model CROPGRO of DSSAT is proposed for determinate and indeterminate bean cultivars. It integrates three main improvements for rating the occurrence of development stages: it is of practical use in the field, easy to apply to determinate and indeterminate cultivars and it identifies eight important reproductive events required as input data by simulation models.

Key Words: *Phaseolus vulgaris* L.; bean; identification of phenology; simulation.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de identificación de eventos fenológicos aplicables al cultivo de caraota, *Phaseolus vulgaris* L., existentes en la literatura muestran inconsistencia en cuanto a los criterios que utilizan para evaluar el progreso del desarrollo. En muchas áreas de la agronomía se ha adoptado el concepto de estadios fenológicos para monitorear el curso del desarrollo en los cultivos y es importante que la terminología usada sea común, objetiva y precisa.

Las recomendaciones en cuanto a realización de muchas prácticas agronómicas, como fertilización y control de competidores generalmente se hacen basados en un estadio fenológico determinado. También, en el área de los modelos de simulación agroambientales se requiere información de entrada y se genera información de salida acerca de la ocurrencia de eventos fenológicos.

Los sistemas de identificación de eventos fenológicos reseñados por la literatura para caraota utilizan el criterio de número de nudos sobre el tallo principal para diferenciar las etapas consecutivas del desarrollo y diferencian el ciclo del cultivo en vegetativo y reproductivo. El sistema de Fehr *et al.* (1991), aplicable a caraota, fue desarrollado para soya y adoptado con modificaciones por los autores del programa DSSAT 3.5 (Tsuji *et al.*, 1994) para la identificación de estadios de desarrollo en los cultivos de la familia *Fabaceae* (soya, maní y caraota) con los cuales opera el modelo CROPGRO (Jones *et al.*, 2000). Los criterios establecidos por Fehr *et al.* (1991; Cuadro 1) diferencian un número variable de etapas vegetativas (al menos 6) y 8 etapas reproductivas consecutivas de desarrollo comenzando por emergencia y nudo cotiledonal (Ve-Vc) hasta madurez completa (R8).

Para la identificación de etapas vegetativas, este sistema se basa en el número de nudos sobre el tallo principal, contados a partir del nudo unifoliado, en los cuales se presente una hoja completamente desarrollada. La determinación de cuándo una hoja está completamente desarrollada se origina del examen del desarrollo foliar del nudo inmediatamente superior, en desarrollo incipiente, en cuanto a si los folíolos de ésta última se tocan o no por sus bordes. La identificación de etapas reproductivas se hace mediante la evaluación de la aparición de órganos reproductivos de acuerdo a una progresión basípeta (en sentido ápice-base) del desarrollo, al considerar de mayor importancia la evolución de los órganos reproductivos en los nudos superiores del tallo.

Por su parte, Fernández *et al.* (1985) crearon un sistema de identificación de etapas de desarrollo específico para caraota (Cuadro 2) en el cual se diferencia un número variable de etapas vegetativas (al menos 5) y 5 etapas reproductivas consecutivas, comenzando con germinación y emergencia (V0-V1) hasta maduración (R9). En este sistema se inicia el conteo de nudos a partir del nudo cotiledonal, utilizando como criterio el número de nudos consecutivos sobre el tallo principal con una hoja cuyos folíolos estén totalmente desplegados y en un solo plano. Para calificar la ocurrencia de etapas reproductivas se considera la aparición de los primeros órganos reproductivos diferenciados como flores, frutos y semillas, en cualquiera de los nudos del tallo principal.

Los modelos de simulación de cultivos de CROPGRO requieren información fenológica relativa a la ocurrencia de varios estadios vegetativos y al menos 5 estadios reproductivos. Los nombres de los estadios están basados en la definición de Fehr *et al.* (1991). Entre los estadios reproductivos se requiere información sobre los siguientes:

R4: Días después de la siembra (DDS) cuando el 50% de las plantas presenta al menos una vaina completamente desarrollada.

R6: DDS cuando el 50% de las plantas presenta al menos una vaina que contenga granos verdes de tamaño completo.

R7: DDS cuando el 50% de las plantas presenta al menos una vaina en amarillamiento, madurez fisiológica.

R8: DDS cuando el 50% de las plantas presenta al menos 95% de las vainas de color marrón, madurez de cosecha.

Los objetivos de la presente investigación son: a) evaluar en forma comparativa, el desarrollo de cuatro variedades de caraota mediante los sistemas de identificación de Fehr *et al.* (1991) y de Fernández *et al.* (1985) con fines de generación de información utilizable para la aplicación de modelos agroambientales; b) determinar y señalar las limitaciones de los sistemas de identificación de fenofases existentes para caraota; y c) proponer un sistema de identificación de fenofases para variedades determinadas e indeterminadas de caraota de fácil aplicación en el campo y adecuado a las exigencias de los modelos agroambientales.

CUADRO 1. Sistema de identificación de estadios fenológicos para soya de acuerdo a Fehr *et al.* (1991), aplicable al cultivo de caraota.

Etapa	Denominación	Descripción
Ve	Emergencia	Desde la siembra hasta que el 50% de la población presenta los cotiledones sobre la superficie del suelo.
Vc	Cotiledones	Desde la emergencia hasta que el 50% de las plántulas presenta cotiledones completamente desarrollados. Esta etapa finalizará cuando las hojas unifoliadas superpuestas a los cotiledones no se toquen en los bordes (despliegue).
V1	Primer nudo	Hojas unifoliadas. Desde que el 50% de las plántulas inicia el despliegue de los protófilos (hojas unifoliadas) hasta su máxima expansión.
V2	Segundo nudo	Primera hoja compuesta. Desde que en el 50% de las plántulas, la primera hoja compuesta (trifoliada), en el segundo nudo del tallo principal (comenzando por los nudos unifoliados), se despliega lo suficiente para que sus folíolos no se toquen hasta su completo desarrollo.
V3	Tercer nudo	Segunda hoja compuesta. El 50% de las plántulas presenta tres nudos en el tallo principal con hojas completamente desarrolladas, comenzando por los nudos unifoliados.
Vn	Enésimo nudo	N número de nudos en el tallo principal con hojas completamente desarrolladas, comenzando por los nudos unifoliados.
R1	Inicio floración	El 50% de las plantas presenta una flor abierta en cualquier nudo del tallo principal.
R2	Floración plena	El 50% de las plantas presenta una flor abierta en cualquiera de los dos nudos superiores del tallo principal con hoja completamente desarrollada.
R3	Inicio formación vainas	El 50% de las plantas presenta una vaina de 5 mm de longitud en cualquiera de los cuatro nudos superiores del tallo principal con hoja completamente desarrollada.
R4	Plena formación vainas	El 50% de las plantas presenta una vaina de 2 cm de longitud en cualquiera de los cuatro nudos superiores del tallo principal con hoja completamente desarrollada.
R5	Inicio formación semillas	El 50% de las plantas presenta una semilla de 3 mm de longitud en una vaina en cualquiera de los cuatro nudos superiores del tallo principal con hoja completamente desarrollada.
R6	Plena formación semillas	El 50% de las plantas presenta una vaina con una semilla verde que llena toda la cavidad en alguno de los cuatro nudos superiores del tallo principal con hoja completamente desarrollada.
R7	Inicio maduración	El 50% de las plantas presenta una vaina de tamaño normal en el tallo principal que ha alcanzado su color de maduración.
R8	Maduración completa	En el 50% de las plantas el 95% de las vainas ha alcanzado el color característico de maduración.

CUADRO 2. Sistema de identificación de estadios fenológicos para caraota de acuerdo a Fernández *et al.* (1985).

Etapa	Denominación	Descripción
V0	Germinación	Desde la siembra hasta que los cotiledones se observan a simple vista a nivel del suelo en el 50% de las plántulas.
V1	Emergencia	Desde que los cotiledones se observan a simple vista a nivel del suelo hasta que están por encima del nivel del suelo y comienzan a separarse sus bordes en el 50% de las plántulas.
V2	Hojas primarias	Desde que el 50% de las plántulas presenta los protófilos (hojas primarias unifoliadas) desplegados en el segundo nudo del tallo principal, comenzando por el nudo cotiledonal, hasta que los foliolos se despliegan completamente y se extienden en un solo plano.
V3	Primera hoja trifoliada	En el 50% de las plántulas la primera hoja trifoliada está completamente abierta y plana.
V4	Tercera hoja trifoliada	En el 50% de las plántulas la tercera hoja trifoliada está completamente abierta y plana.
R5	Prefloración	Aparición del primer botón o primer racimo en el 50% de las plantas.
R6	Floración	Aparición de la primera flor abierta en el 50% de las plantas.
R7	Formación vainas	Aparición de la primera vaina con la corola de la flor colgada o recién desprendida en el 50% de las plantas.
R8	Llenado vainas	Cuando se empieza a llenar la primera vaina en el 50% de las plantas.
R9	Maduración	Inicio de decoloración y secado de vainas en el 50% de las plantas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos experimentos a nivel de campo, durante la época de salida de lluvias, entre los meses de septiembre a diciembre de 1995. El primer experimento se inició el 18 de septiembre de 1995 en la Estación Experimental Samán Mocho (10° 05' 58" Latitud Norte y 67° 51' 40" Longitud Oeste a 425 m.s.n.m.), en la localidad de Samán Mocho, estado Carabobo y se cosechó el 23 de noviembre del mismo año. El segundo experimento se estableció el 13 de octubre de 1995 en el Campo Experimental del Departamento de Agronomía (10° 15' Latitud Norte y 67° 36' Longitud Oeste a 447 m.s.n.m.), en Maracay, estado Aragua y se cosechó el 25 de diciembre de 1995.

Características Edafoclimáticas

Ambos campos experimentales se ubican dentro de la cuenca del Lago de Valencia. En Samán Mocho los suelos son de origen lacustrino, calcáreos con alto contenido de carbonato de calcio y permeabilidad y

drenaje interno rápido, con predominio de las familias Typic ustifluvents francosa gruesa carbonática isohipertérmica y Mollic ustifluvents francosa gruesa mixta isohipertérmica (Borges *et al.*, 1982). En Maracay son de origen aluvial, franco arenosos a francos arcillo-limosos, heterogéneos; Tortoza (1997) los clasifica como Fluventic ustropepts, con textura limosa, gruesa, mixta isohipertérmica. De acuerdo a los análisis de suelos estudiados por Bolaños (1993) y Carrión (1994), los suelos usados en el experimento de Samán Mocho presentan textura franca, pH promedio de 8 y altos contenidos de materia orgánica (MO). El análisis de suelo del Campo Experimental de Maracay dio como resultado textura franco-arenosa, pH de 7,36, bajo contenido de MO y valores muy altos de calcio, fósforo, magnesio y potasio.

Las dos localidades se clasifican dentro de la zona de vida (Ewel *et al.*, 1976) de Bosque Seco Premontano en transición con los Bosques Muy Seco y Seco del piso tropical, los cuales presentan precipitación promedio anual comprendida entre 850 y 1 000 mm, distribuida

en dos estaciones bien definidas y época seca que se ubica en general entre diciembre a marzo. Las temperaturas medias anuales oscilan entre 24 y 26°C. Durante los ciclos de cultivo, las temperaturas máximas promedio estuvieron entre 29 y 31 °C, las mínimas entre 19 y 20 °C y la precipitación total entre 161 y 407 mm.

Descripción de los Experimentos

Se sembraron las variedades comerciales Montalbán, Tacarigua y Tenerife, así como la variedad experimental, UCV-Manuare, todas de crecimiento indeterminado. Se utilizó un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones en un arreglo factorial 4 x 4 (4 variedades y 4 densidades), lo que dio origen a 16 tratamientos. Cada variedad se sembró a 4 densidades poblacionales, 333 333 pl ha⁻¹, 208 333 pl ha⁻¹, 151 500 pl ha⁻¹ y 119 000 pl ha⁻¹. Respectivamente la separación entre plantas fue 5, 8, 11 y 14 cm y la separación entre hilos 60 cm. Todas las parcelas estuvieron constituidas por 12 hilos de 5 m de longitud cada uno. El área total fue de 2 074 m² en Samán Mocho y 2 246 m² en Maracay.

Se mantuvieron las condiciones óptimas para que se manifestase el crecimiento y desarrollo potencial de los materiales genéticos evaluados. En tal sentido, se prepararon los suelos de acuerdo a los métodos usuales para cada localidad y se controlaron los competidores bióticos y todos los demás factores como agua y nutrimentos que pudieran causar estrés a las plantas.

Evaluaciones Fenológicas

Cada siete días durante el desarrollo vegetativo y cada 3 d durante el reproductivo, desde que las plantas cumplieron 11 DDS hasta 71 DDS, en los 2 experimentos se realizaron observaciones cualitativas y cuantitativas sobre el tallo principal siguiendo los criterios establecidos por Fehr *et al.* (1991) y Fernández *et al.* (1985). Para determinar el número de días requeridos para el inicio de las etapas vegetativas más importantes, se registró información del número de nudos y hojas unifoliadas y trifoliadas. Además, para evaluar el progreso reproductivo se registró información en cuanto a la presencia de flores, vainas, semillas y ocurrencia de maduración. Por convención, los estadios se identificaron con diferentes subíndices para la letra V o R de acuerdo a su naturaleza vegetativa o reproductiva. En cada unidad experimental se evaluaron 3 ó 4 plantas consecutivas, sanas y de tamaño uniforme, resultando en un total de entre 9 a 12 plantas evaluadas para cada variedad.

La información proveniente de las repeticiones se integró en un solo valor resumen para caracterizar el comportamiento del cultivo expresado a través de cada una de las variedades. El estadio de desarrollo general del cultivo está dado por el estadio promedio de una muestra representativa. Como es usual en este tipo de trabajos (Fehr *et al.*, 1991; Fernández *et al.*, 1985) se determinó el estadio de desarrollo de acuerdo al evento más avanzado en el 50% o más de la población observada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de los criterios de Fehr *et al.* (1991) a la población en estudio determinó la diferenciación de 17 etapas consecutivas de desarrollo comenzando por Ve (emergencia) y finalizando con R8 (maduración completa), en cambio con el sistema de Fernández *et al.* (1985) sólo se diferenciaron 11 etapas consecutivas, desde V0 (germinación) hasta R9 (maduración).

Una vez iniciada la etapa reproductiva se presentó dificultad para identificar las subetapas de acuerdo al sistema de Fehr *et al.* (1991), el cual se basa en una progresión basípeta (sentido ápice-base) del desarrollo, ya que las guías de las plantas al estar más desarrolladas tendieron a entrelazarse con las plantas vecinas. Las variedades con mayor desarrollo de guías manifestaron este problema más temprano.

La Figura 1 muestra los resultados de la comparación de las 4 variedades estudiadas en la localidad de Samán Mocho. La aplicación de los criterios de los 2 sistemas muestra diferencias de desarrollo claras entre el conjunto de Montalbán, Tacarigua y Tenerife al compararlos con UCV-Manuare. UCV-Manuare finalizó la fase vegetativa entre los 29 y 35 DDS, mientras que las otras 3 variedades la finalizaron entre los 36 y 43 DDS, lo cual en promedio indica una diferencia de 8 d. Por otra parte, el máximo desarrollo vegetativo de la variedad UCV-Manuare fue de 6 nudos (V6) en cambio las demás variedades alcanzaron a desarrollar hasta 9 nudos (V9) antes de iniciarse la floración. Ello es indicativo de la mayor precocidad exhibida por UCV-Manuare.

En la Figura 2 se presentan los resultados correspondientes a la sucesión de etapas en la localidad de Maracay. Las semillas de este ensayo fueron sembradas 25 d después que las de Samán Mocho, durante el período del año en el cual los días se acortan progresivamente hasta el 21 de diciembre. La variedad UCV-Manuare evidenció aún mayor precocidad durante este ciclo de siembra-cosecha, llegando a iniciar la floración

a los 28 DDS. Incluso las variedades Montalbán, Tacarigua y Tenerife mostraron cierta sensibilidad al fotoperíodo.

No se observaron diferencias en el desarrollo debido a la densidad de siembra en ninguna de las dos localidades.

En experimentos de campo el efecto del fotoperíodo no se puede separar del efecto de la temperatura porque ambos se encuentran confundidos e interactúan de una manera conjunta sobre los procesos de crecimiento y

desarrollo. Sin embargo se sabe que la caraota al ser una planta de día corto, en general necesita menor número de días para alcanzar la floración a medida que la longitud promedio del día decrece. La duración de la noche, o período de oscuridad es crucial para el control interno de la diferenciación en tejidos y órganos que constituyen las estructuras reproductivas. La duración del período de oscuridad es traducido dentro de las células vegetales por el pigmento fitocromo el cual ejerce una acción importante en muchos procesos fisiológicos de la caraota. Uno de éstos es la inducción floral.

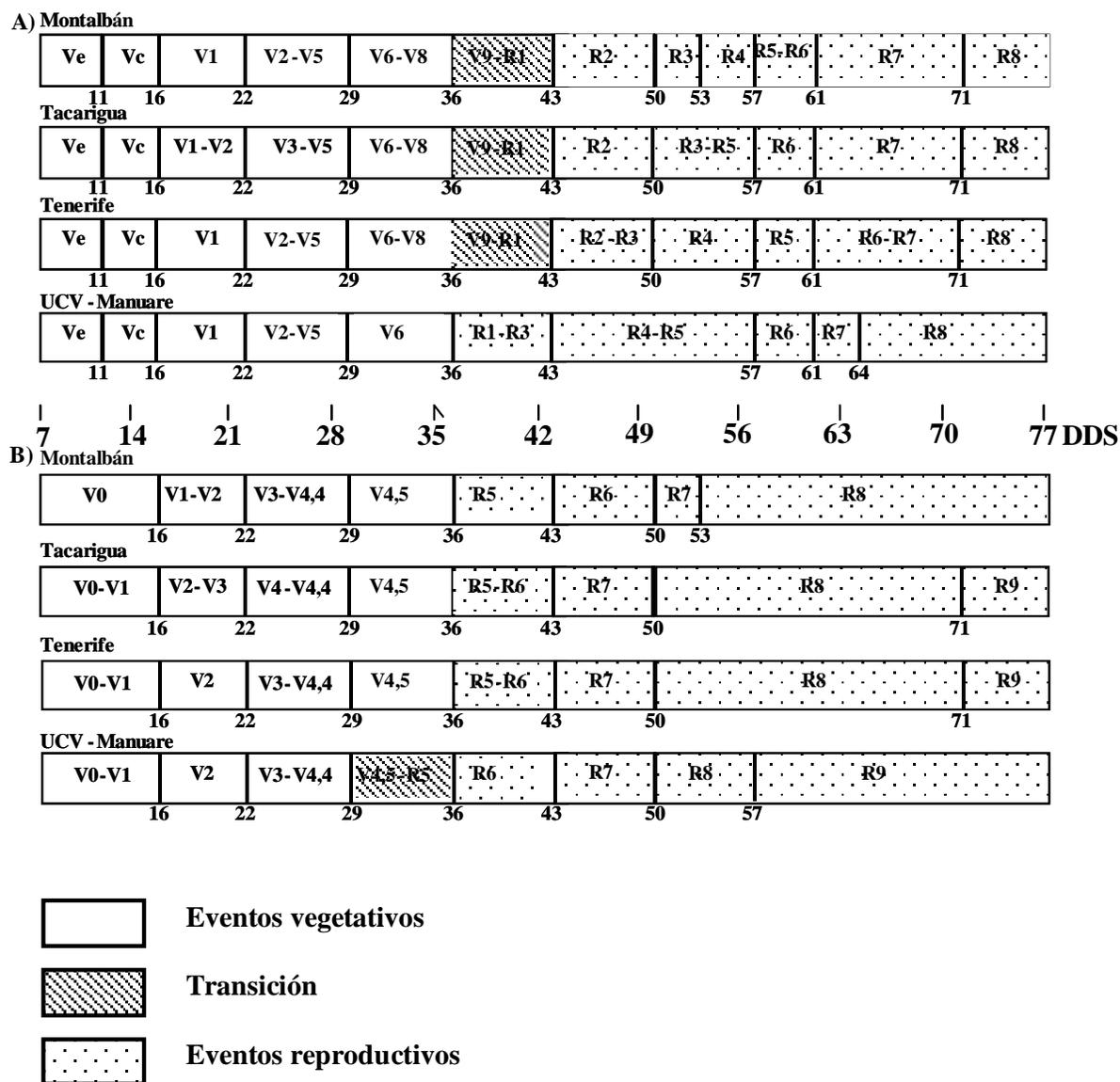


FIGURA 1. Samán Mocho. Fases de desarrollo vegetativo y reproductivo de cuatro variedades de caraota, según A) Fehr *et al.* (1991) y B) Fernández *et al.* (1985).

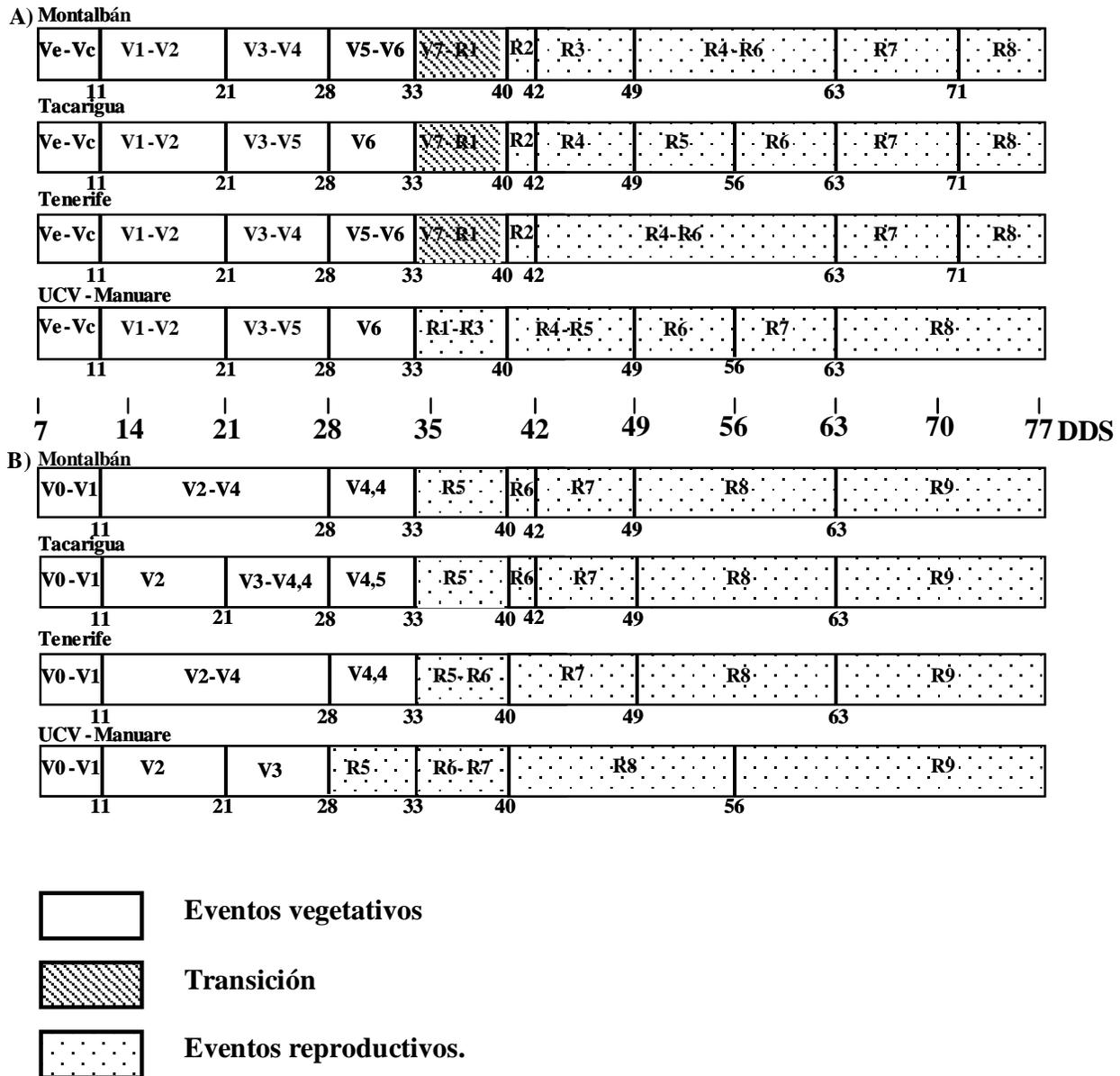


FIGURA 2. Maracay. Fases de desarrollo vegetativo y reproductivo de cuatro variedades de caraota, según A) Fehr *et al.* (1991) y B) Fernández *et al.* (1985).

No obstante, todas las variedades de una misma especie, incluso las que se encuentran dentro de un mismo tipo de crecimiento, no responden de igual manera al fotoperíodo. Para complicar aún más la situación, la temperatura se combina con el fotoperíodo durante las diferentes etapas de siembra y ambas interactúan de una manera conjunta y confundida sobre los procesos fisiológicos de crecimiento y desarrollo. Se ha señalado que

para las variedades indeterminadas los días más largos o temperaturas más cálidas provocan que la primera flor aparezca en nudos superiores, es decir inducen un desplazamiento de ésta hacia nudos superiores en el tallo por efecto de los días largos (Masaya y White, 1991).

Se ha desarrollado una hipótesis para caraota que establece que el fotoperíodo y la temperatura ejercen dos

efectos sobre el desarrollo. Uno es el efecto sobre la tasa de desarrollo de nudos; y el otro sobre la tasa de desarrollo de flores y vainas. La tasa de desarrollo de nudos afecta la altura de la planta, lo cual no se midió en este estudio. El tiempo a floración, de acuerdo a este enfoque, depende de la tasa de desarrollo de nudos y de la posición sobre el tallo principal (número consecutivo de nudos en sentido base-ápice) donde se ubique la primera flor. Ambos procesos compiten entre sí. Para cada situación, la combinación de fotoperíodo, temperatura y genotipo, produce un balance entre el crecimiento vegetativo y reproductivo. Este balance se alcanza mediante la combinación de las tasas de crecimiento de flores y frutos por una parte, y de nudos (láminas y pecíolos) por la otra (Wallace, 1985 citado por Masaya y White, 1991).

Masaya *et al.* (1986) señalan que el tiempo y la posición de la primera flor es un carácter importante en los cultivares de caraota. Los 4 cultivares estudiados en este trabajo se clasifican como indeterminados Tipo II, pero UCV-Manuare mostró diferencias con respecto a los otros 3 tanto en los días a floración como en la posición de aparición de la primera flor. En las 2 localidades donde se establecieron los experimentos, la aparición en las plantas de la primera flor y la primera vaina ocurrió para UCV-Manuare en los nudos 3 y 5, para las otras variedades sucedió en los nudos 6 y 8. Además se encontró que UCV-Manuare alcanzó los valores más bajos de rendimiento de las 4 variedades estudiadas: 1,2 Mg ha⁻¹ en Samán Mocho (Barrios y Rojas, 1996) y 2,1 Mg ha⁻¹ en Maracay (Díaz y Figueroa, 1996).

Dentro de los estadios reproductivos se destaca, de acuerdo a la definición de Fernández *et al.* (1985), que UCV-Manuare mostró la menor duración de las etapas R7+R8 con un valor promedio de 7-14 d para Samán Mocho y 7-16 d para Maracay. Las otras 3 variedades mostraron un rango que osciló entre 21-28 d. R7 y R8 representan en conjunto el desarrollo y crecimiento de las vainas y semillas, y se ha señalado que estas 2 etapas están estrechamente relacionadas con el rendimiento.

En sus estudios Wallace y Masaya, citados por Masaya y White (1991) indican que los rendimientos superiores están relacionados con un período prolongado de duración del llenado de semillas combinado con una alta tasa de crecimiento de las mismas. Ambos caracteres están relacionados con un alto rendimiento en semillas por día de crecimiento. El número de sitios potenciales para rendimiento, es decir el número de nudos en la planta, está determinado por la velocidad de crecimiento

de nudos a la temperatura y fotoperíodo prevalecientes. El tiempo, y la posición de las flores, y por consiguiente de las vainas están determinados por la tasa de diferenciación y crecimiento de flores y frutos. Ambos procesos se encuentran afectados por la temperatura y el fotoperíodo. En concordancia con la literatura, UCV-Manuare, la variedad de rendimientos más bajos fue la que presentó el período de duración más corto de las etapas R7+R8.

Otras observaciones realizadas reafirmaron aun más las diferencias cualitativas entre las variedades estudiadas y la aplicabilidad de los 2 sistemas de identificación de estadios para el cultivo de caraota. Montalbán y UCV-Manuare mostraron las guías más largas y la mayor capacidad para trepar. Tacarigua en el otro extremo fue la variedad que presentó una arquitectura más compacta y arbustiva, con presencia de una guía muy corta o ausente en su totalidad. Tenerife se ubicó en una posición intermedia.

La aplicación del sistema de Fehr *et al.* (1991) para identificar estadios de desarrollo en caraota sembrada en condiciones de campo resultó excesivamente laboriosa y presentó severas limitaciones.

Durante las etapas vegetativas, para calificar el estado de desarrollo de la planta se requiere evaluar el desarrollo de las hojas inmediatamente encima del penúltimo nudo. Para la identificación de etapas reproductivas de variedades indeterminadas de caraota cuyas guías se entrelazan con las plantas vecinas resulta un problema de orden práctico tener que buscar los 4 nudos superiores del largo tallo a fin de dilucidar si ha floreado o fructificado.

Al contrario, el sistema de Fernández *et al.* (1985) resultó mucho más útil para determinaciones de campo por cuanto considera que una hoja está totalmente desarrollada cuando sus folíolos están totalmente desplegados y en un solo plano y define los estadios reproductivos de acuerdo a la progresión del desarrollo en sentido base-ápice.

El sistema de Fernández *et al.* (1985), sin embargo, omite información requerida por los modelos de simulación agroambiental en lo que respecta a las fases de desarrollo reproductivo, no diferencia la fase en la cual las plantas tienen al menos una vaina con granos verdes de tamaño completo, y tampoco cuando las plantas presentan al menos 95% de las vainas de color marrón, es decir madurez de cosecha.

Aún cuando todas las variedades evaluadas en este trabajo fueron de crecimiento indeterminado, los resultados de esta investigación son aplicables también a variedades de tipo determinado que no presentan guías o éstas son muy cortas ya que las evaluaciones consideran como determinante la primera aparición de órganos reproductivos en cualquier nudo del tallo principal. Basados en las consideraciones anteriores se propone un sistema de identificación de estadios fenológicos que integra las ventajas de los sistemas de Fehr *et al.* (1991) y Fernández *et al.* (1985), discutidos anteriormente, aplicable tanto a variedades indeterminadas como determinadas de caraota.

Esta propuesta reúne 3 mejoras fundamentales: para calificar la ocurrencia de etapas en el desarrollo vegetativo se considera el número de nudos consecutivos sobre el tallo principal, con hojas totalmente desplegadas y en un solo plano, contados a partir del primer nudo trifoliado, lo cual es menos engorroso que lo planteado por Fehr *et al.* (1991); comprende la identificación de estadios reproductivos de acuerdo a la aparición de flores y órganos reproductivos en cualquier nudo del tallo principal permitiendo la fácil aplicación del sistema a variedades tanto determinadas como indeterminadas; y diferencia 8 eventos reproductivos importantes que los modelos de simulación agroambiental requieren como datos de entrada para su evaluación y calibración (Cuadro 3).

CUADRO 3. Sistema de identificación de estadios fenológicos propuesto para variedades determinadas e indeterminadas de caraota.

Etapas	Denominación	Descripción
Ve	Emergencia	Desde la siembra hasta que el 50% de la población presenta los cotiledones visibles a nivel del suelo.
Vc	Cotiledones	Desde la emergencia hasta que el 50% de las plántulas presenta cotiledones por encima de la superficie del suelo totalmente desplegados.
Vu	Nudos unifoliados	Hojas unifoliadas. Desde que el 50% de las plántulas inicia el despliegue de los protófilos (hojas unifoliadas) hasta su máxima expansión.
V1	Primer nudo trifoliado	Primera hoja compuesta. Primer día en el cual el 50% de las plántulas presenta la primera hoja compuesta (trifoliada) completamente desplegada y en un solo plano.
V2	Segundo nudo	Segunda hoja compuesta. Primer día en el cual el 50% de las plántulas presenta 2 nudos en el tallo principal con hojas completamente desplegadas y en un solo plano.
Vn	Enésimo nudo	N número de nudos en el tallo principal con hojas completamente desplegadas.
R1	Inicio floración	El 50% de las plantas presenta al menos una flor visible en cualquier nudo del tallo principal.
R2	Floración plena	El 50% de las plantas presenta al menos una flor abierta en cualquier nudo del tallo principal.
R3	Inicio de formación vainas	El 50% de las plantas presenta al menos una vaina formada (0,5 cm a 2 cm de longitud) en cualquier nudo del tallo principal.
R4	Plena formación de vainas	El 50% de las plantas presenta al menos una vaina completamente formada (10cm a 12 cm de longitud) en cualquier nudo del tallo principal.

../... continúa

./... continuación CUADRO 3.

Etapa	Denominación	Descripción
R5	Inicio formación semillas	El 50% de las plantas presenta vainas con semillas pequeñas (al menos 3 mm de longitud) en cualquier nudo del tallo principal.
R6	Plena formación semillas	El 50% de las plantas presenta al menos una vaina con una semilla verde de tamaño completo en cualquiera de los nudos del tallo principal.
R7	Inicio maduración	El 50% de las plantas presenta al menos una vaina de tamaño normal en el tallo principal que ha comenzado el amarillamiento (madurez fisiológica).
R8	Maduración completa	El 50% de las plantas, en el 95% de las vainas ha alcanzado el color característico de maduración (madurez de cosecha).

CONCLUSIONES

- Al aplicar los criterios establecidos por Fehr *et al.* (1991 y Fernández *et al.* (1985) se evidenció un comportamiento muy similar durante la fase vegetativa entre las variedades estudiadas. En los primeros estadios reproductivos la variedad UCV-Manuare mostró un comportamiento diferente con respecto a las otras tres, debido a que alcanzó estas etapas mucho más temprano.
- Aún cuando todas las variedades mostraron cierta sensibilidad al fotoperíodo, tanto en Samán Mocho como en Maracay la variedad UCV-Manuare fue la que mayormente evidenció esta característica.
- La menor duración de las etapas R7+R8 (desarrollo y crecimiento de vainas y semillas) de acuerdo al sistema de Fernández *et al.* (1985) la obtuvo la variedad UCV-Manuare. Esta variedad produjo los menores rendimientos. En la variedad UCV-Manuare la aparición del primer racimo, la primera flor y primera vaina ocurrió entre los nudos 3 y 5 y en las otras variedades entre los nudos 6 y 8.
- La aplicación del sistema de Fehr *et al.* (1991) para identificar estadios de desarrollo en caraota sembrada en condiciones de campo resultó en exceso laboriosa y presentó severas limitaciones para variedades indeterminadas; el sistema de Fernández *et al.* (1985) resultó mucho más útil para determinaciones de campo, sin embargo, omite información requerida por los modelos de simulación agroambiental en lo que

respecta a ciertas fases de desarrollo reproductivo. En función de los resultados obtenidos, se propone un sistema de identificación de estadios fenológicos en caraota que reúne 3 mejoras fundamentales:

- 1) Para calificar la ocurrencia de etapas en el desarrollo vegetativo se considera el número de nudos consecutivos sobre el tallo principal, con hojas totalmente desplegadas y en un solo plano, contados a partir del primer nudo trifoliado, lo cual es menos engorroso que lo planteado por Fehr *et al.* (1991).
- 2) Comprende la identificación de estadios reproductivos de acuerdo a la aparición de flores y órganos reproductivos en cualquier nudo del tallo principal permitiendo la fácil aplicación del sistema a variedades tanto determinadas como indeterminadas.
- 3) Diferencia 8 eventos reproductivos importantes que los modelos de simulación agroambiental requieren como datos de entrada para su evaluación y calibración.

BIBLIOGRAFÍA

- Barrios, J. y Rojas A. 1996. Crecimiento y rendimiento de caraota (*Phaseolus vulgaris* L) en un suelo franco durante la época de salida de lluvias (septiembre-diciembre). Tesis de grado. Maracay. Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 91 p.

- Bolaños, M. 1993. Evaluación en base a capacidad por fertilidad de los suelos de la Estación Experimental Samán Mocho (Estado Carabobo). Interpretación de los análisis de laboratorio. Tesis de grado en Agronomía. Mención Zootecnia. Maracay, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 59-74 p.
- Borges, R., A. Ramones y R. Mauro. 1982. Los suelos de la estación Experimental Samán Mocho. Estudio agroecológico especial. Tesis de Grado Ing. Agrónomo. Maracay, estado Aragua. Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 37-39 p.
- Carrión, J. 1994. Caracterización y valoración de las propiedades físicas de las unidades de suelo de la Estación Experimental Samán Mocho (Estado Carabobo). Interpretación de los análisis de laboratorio. Tesis de grado en Agronomía. Mención Fitotecnia. Maracay, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 40-53 p.
- Díaz, C. y N. Figueroa. 1996. Evaluación de la biomasa, área foliar y rendimiento de caraota (*Phaseolus vulgaris* L) a diferentes densidades poblacionales en un suelo franco arenoso durante la época de salida de lluvias (octubre-enero). Tesis de grado. Maracay, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 93 p.
- Ewel, J., A. Madriz y J. Tosi, Jr. 1976. Zonas de vida de Venezuela. Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. Segunda edición. Editorial Sucre. Caracas. Venezuela. 270 p.
- Fehr, W. R., C. E. Caviness, D. T. Burmood and J. S. Pennington. 1991. Stage of development description for soybean (*Glycine max* (L) Merrill). Crop Science 11(6): 920-931 p.
- Fernández, F., P. Gepts y M. López. 1985. Etapas de desarrollo de la planta de frijol. **In:** López, M.; F. Fernández y A. van Schoonhoven (eds). Fijol: Investigación y Producción. Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo (PNUD). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Colombia. 61-78 p.
- Jones J. W., K. Boote, J. White, G. Hoogenboom and C. Porter. 2000. Phenology Module, in DSSAT v4.0 Documentation and source code listing. Agricultural and Biological Engineering Department. Research report N° 2000-1201. University of Florida, Gainesville, Florida. January 2000. [on line]. Disponible en: www.csml.ifas.ufl.edu/protected/CropgroDocs/cropgro_doc.html Consulta realizada el 21/10/2003.
- Masaya, P., D. Wallace and J. White. 1986. Genetic control of flowering behavior of tropic adapted bean cultivars under two subtropical temperature regimes. Annu. Rep. Bean Improvement Coop. 29:54-55 p.
- Masaya, P. and J. W. White. 1991. Adaptation to photoperiod and temperature. Pp. 445-498. **In:** van Schoonhoven, A. and O. Voysest (eds). Common Beans. Research for Crop Improvement. CIAT. Cali, Colombia. CAB, Oxon, UK.
- Tortosa, J. 1997. Variabilidad del suelo y limitaciones para el cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en el lote E del campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela. Tesis de Grado Ing. Agrónomo. Maracay, Venezuela. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. 52 p.
- Tsuji, G., G. Uehara and S. Balas. 1994. DSSAT v3. University of Hawaii, Honolulu, Hawaii. 244 p.